

# 基于频域能量分割的图像模糊度评价方法

田若良,刘柏森

(黑龙江工程学院 电气与信息工程学院,黑龙江 哈尔滨 150050)

**摘要:**如今许多领域都会涉及到图像处理。在图像的获取途径中可能会由于摄像头质量问题,或者拍摄方式,又或者拍摄时的天气等原因令获取到的图像变得很模糊。图像如果模糊,对后续的许多工作都会造成很大的影响,所以对图像进行模糊度的调整就显得很重要,而在调整前需知道图像的具体模糊程度,于是对图像模糊度的评价就极为重要。基于此,文中提出了一种通过分析图像频域中的特点,并利用图像分割的方法来对图像进行模糊度的评价。通过观测仿真结果,表明该方法规律性较强且易于实现。

**关键词:**图像模糊度;频域;图像分割;快速傅里叶变换

中图分类号:TP391

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2015)06-0101-05

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2015.06.022

## An Evaluation Method of Image Blur Based on Frequency Domain Energy Partition

TIAN Ruo-liang, LIU Bai-sen

(College of Electrical and Information Engineering, Heilongjiang Institute of Technology,  
Harbin 150050, China)

**Abstract:** Today, many areas are related to image processing. The image may be blurred in the acquisition due to many possible reasons, such as the quality of the camera, the recording mode, or bad weather condition. If image quality is fuzzy, it will cause great impact on the follow work. The image ambiguity adjustment is particularly important. Before the adjusting, need to know the specific degree of the image blur, so the evaluation of the ambiguity of the image is extremely important. Based on this, present a method to analyze image characteristics of the frequency domain and use image segmentation to evaluate the image blur. By observing the simulation results, this method is easy to implement and has high regularity.

**Key words:** image blur; frequency domain; image segmentation; FFT

### 1 概述

图像质量评价在图像和视频的处理、通信等领域中有很重要的现实意义,也是这些领域的重要研究部分,而模糊是影响图像质量最重要的因素之一,因此图像模糊度的评价在整个图像质量评价中具有非常重要的作用<sup>[1]</sup>。近年来,许多研究人员开始通过图像的边缘对图像的模糊度进行评价,但由于大部分的图像存在前景和背景的差异,若背景中的边缘列入计算中,则对结果影响很大<sup>[2]</sup>。

如今有两种主观评测方法已被广泛采用,一种是单、双刺激连续质量评价。单刺激连续质量评价是需要观测者在一个分为 5 段的标尺上进行连续评测,而

双刺激连续质量评价是基于一种差别度量,同时对两幅图像进行打分<sup>[3]</sup>。这种方法虽然已被认可,但由于该类方法耗时长、效率低,无法嵌入到系统中对图像进行快速测评,其评价结果也会因为观察者的不同等外界原因造成很大的结果误差,所以在实际应用中很少用到或者仅仅是作为一个参考。另一种,也是如今研究的重点,客观上的评价方法,它是一种通过计算机算法来对图像进行评价的方法,实时快捷。客观算法中按照有没有参考图像可以分为全参考(Full Reference, FR)、部分参考(Reduced Reference, RR)和无参考型(No Reference, NR)<sup>[4]</sup>。全参考型评价是在得到原始图像和失真图像的前提下,建立对应的数学模型来评

定失真图像的模糊度<sup>[5]</sup>。最初的算法只是基于统计量上的一些误差值,比如均方误差和峰值信噪比。但由于无法反映人眼的感知体系,于是就产生了基于 HVS (Human Visual System) 模型的算法。此类算法也是建立数学模型,计算出人眼视觉能够感知的一个 JND (Just Noticeable Difference) 门限,根据高于此门限被人眼感知,低于此门限被忽略的原理,从而得出和人眼主观感知相一致的评价结果。部分参考型评价是利用失真图像的部分信息来评价模糊度,常见的有基于降质特性提取,综合考虑图像的各种失真,然后提取降质特征值来进行评价;还有的是根据图像嵌入信息后分析嵌入信息变化的方法<sup>[6]</sup>,这种方法常用的是嵌入水印,然后对图像进行处理,接着从处理完的图像中提取嵌入信息并分析,从而进行评价。无参考型评价是没有原始图像作为参考,直接对失真的图像进行模糊度的评价,它一般是根据某些可能出现的特征量对图像进行变换或者直接提取<sup>[7]</sup>。

由于在实际应用中基本上无法提供参考图像,所以众多研究都放在了无参考型图像模糊度的研究。常见的研究有以下几类:基于模糊副本差异的估计。这种方法就是对待评测图像做一次或多次模糊处理,从处理后的图像中提取某些特征,根据这些特征之间的比值来确定模糊度;对图像进行某些变换<sup>[8]</sup>。此类方法是对图像进行变换,对其所产生的系数做规律统计,从而达到模糊度的评价,如基于傅里叶功率谱中零点周期性的模糊度估计算法、基于小波变换的图像的点扩展函数估计方法<sup>[9]</sup>;还有根据图像中边缘类型来估计图像的模糊度<sup>[10]</sup>,其原理是根据 Harr 小波分析图像中的边缘<sup>[11]</sup>,边缘类型有狄拉克型、阶跃型、斜坡型和屋脊型等等<sup>[12]</sup>。具体方法有采用边缘处法向量的平均值作为准则、对图像求二阶导数等。但没有一个存在普遍适用性的、快速的无参考型图像模糊度评价。

图像在做傅里叶变换后的频谱图中,低频能量对于图像的轮廓及色调特征的重构起着重要的作用,而高频能量影响着图像的细部结构信息,也就是说频谱图中高频能量占的越多图像就越清晰,相对应地,低频能量占的越多图像也就越模糊<sup>[13]</sup>。文中基于这种思想对频谱图进行分析,通过分析频域中的能量分布,提出了一种基于频域能量分割的图像模糊度评价方法。通过分析仿真结果,证明该方法的可行性与有效性。

## 2 基本原理

傅里叶变换在数字图像处理领域主要有以下几个方面的应用:

(1) 图像的保存。傅里叶正变换将图像分解为一

组越来越小的正交归一的图像,虽然其变换结果具有很高的压缩比,但是仍然能够将原始数据完全恢复而且不引入任何类型的失真。当希望将一幅图像以更小的格式保存,且同时保证数据不会丢失时,对图像使用傅里叶变换将对工作有很好的帮助。

(2) 图像的滤波。在进行傅里叶变换后,图像从空域被搬移到了频域,而在频域中的图像则反映了空域中图像各个像素点所对应的灰度值变化的剧烈程度,也就是图像灰度值的变化速度,或者说是图像的梯度大小。对于图像而言,图像中的边缘部分梯度值大,对应灰度值变化快,因此搬移到频域上对应着频谱图中的高频分量;图像的噪声一般情况下是高频分量;图像的灰度值变化比较平缓的部分则为低频分量,图像中具体内容的轮廓及其灰度特性大部分都是低频分量。换个角度说,傅里叶变换提供了一个另外的角度来观察图像,可以将图像从灰度值的分布转化为频率的分布,从而观察在空域中无法直观观测到的图像特征。对图像做傅里叶变换后,可对其频谱图进行滤波处理,从而得到想要的信息。

(3) 图像的增强。傅里叶正变换将一幅图像分解为大小、位置和方向都不同的分量,在对图像做傅里叶逆变换之前若改变频域中某些系数的幅值,则可以对图像的某些细节做出调整;或根据实际需要,编写一个传递函数,也可以称之为滤波器,在频域中根据卷积定理将频谱用滤波器滤除不需要的分量,然后再进行傅里叶逆变换将图像在空域中显示。当然,这个过程的实现需要设计相对应的传递函数。

(4) 图像的复原。假如获得的源图像失去了某些重要的信息,若要使它复原成无丢失信息的理想图像,也需要用到傅里叶变换。在成像过程中任何不注意或者没有考虑的因素都可能引起图像出现信息丢失,可以针对不同的具体应用,将丢失的部分图像信息找寻回来,并将图像还原,以起到图像复原的作用。例如,图像上的斑点,可通过傅里叶卷积,利用图像上各个像素点之间的相关性来进行除去斑点的工作;而对于天文观测领域,比如对行星图像的获取,可利用各条谱线之间的相关性,通过频谱分析,展现出外太空中星体的原貌。

文中利用傅里叶变换的频域特性,完成图像的模糊度评价。用一个二维矩阵来表示一幅灰度图像,这里用  $I=f(x,y)$  来表示源图像。对图像进行傅里叶变换,是将图像信号从空域变换到频域进行分析,它不仅能够反映出图像的灰度值结构特征,而且其算法简单易于实现,具体表现在下述两个方面:

(1) 在图像处理领域,有些处理方法与滤波处理是分不开的,因此就需借助傅里叶变换把图像从空间

域映射到频率域来分析和解决问题,或者两者相结合去综合考虑一幅图像的特征。

(2)借助傅里叶变换,可以简化图像处理过程中的计算问题或者作为某种特殊应用,如特征的提取、数据的压缩等等,有助于迅速地対图像做出准确的判断。离散二维正反傅里叶变换公式为<sup>[14]</sup>:

$$f(x,y)=\frac{1}{MN}\sum_{x=0}^{M-1}\sum_{y=0}^{N-1}F(u,v)e^{-j2\pi(\frac{ux}{M}+\frac{vy}{N})}$$
$$x=0,1,\cdots,M-1;y=0,1,\cdots,N-1$$
$$F(x,y)=\sum_{x=0}^{M-1}\sum_{y=0}^{N-1}f(x,y)e^{-j2\pi(\frac{ux}{M}+\frac{vy}{N})}$$
$$x=0,1,\cdots,M-1;y=0,1,\cdots,N-1$$

在实际应用中,可以用快速傅里叶(FFT)算法实现,这里对一组黑白相间的竖条灰度图像做二维离散快速傅里叶变换。一个二维傅里叶变换是一维傅里叶变换在每一个行扫描线和列扫描线上的傅里叶变换的叠加,在进行傅里叶变换时,由于每行像素是发生变化的,而每列像素是不发生变化的,故只有行扫描有变化,列扫描没有变化,列扫描只有一个直流分量,在平移后的频谱图中,能够很明显看到变化缓慢的图像对应的频谱图中能量集中在低频部分,而变化稍微快的则分散到了较高频处。如果把黑线当成边缘来看待,图像越模糊边缘扩散宽度越大,图像越清晰边缘宽度越窄,也就是说可以把其看作一个模糊图一个清晰图,那就可以得出这样一个结论,相比于清晰图像,模糊图像的频谱中能量更多集中表现在低频部分,这部分能量所占的面积也相对较小。在频谱图中这些能量是一个个的点,为了处理方便,文中利用形态学处理图像,将这些点集转换成面集,便大致可以得到这部分能量所占的面积。以Lena图为例,观察经不同参数的低通滤波器处理后的结果图,示例如图1所示。

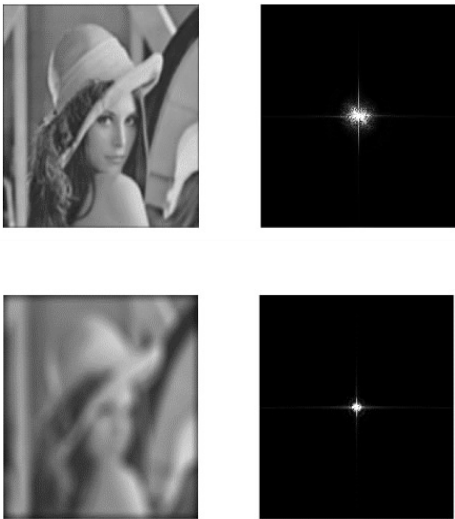


图1 图像示例

在多组图像进行对比后,从频谱图中能够很明显

地看出,随着图像逐渐模糊,频谱图中的能量,也就是较亮的区域会变得越来越小,那么这部分区域的面积占比和图像的模糊程度就有了一定的关系。

3 基于频域能量分割的图像模糊度评价算法

基于以上的分析,文中提出了基于频域能量分割的图像模糊度评价算法。

用S来表示图像的模糊度,它的具体计算流程如图2所示。

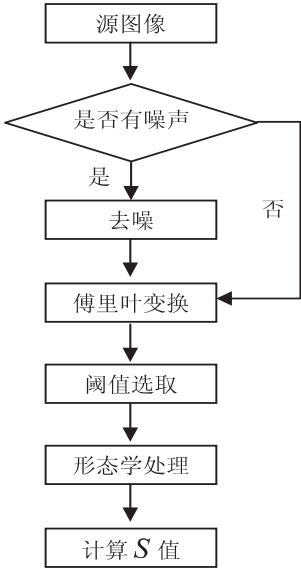


图2 图像模糊度计算流程图

由于噪声对计算结果影响较大,所以在计算前需要先对图像本身进行去噪处理,之后再进行傅里叶变换,对于二值化处理时阈值的选取,文中应用了日本学者大津提出的最大类间方差法。它是基于图像直方图的计算法,以处理一个离散概率密度函数的归一化直方图为例<sup>[15]</sup>:

$$P_i(r_q)=\frac{n_q}{n}=0,1,\cdots,L-1$$

其中,n表示图像中的像素总数;n<sub>q</sub>是灰度级为r<sub>q</sub>的像素数目,是所有可能的灰度级;而类间方差σ<sub>B</sub><sup>2</sup>的定义是:

$$\sigma_B^2=\omega_0(\mu_0-\mu_1)^2+\omega_1(\mu_1-\mu_T)^2$$

其中

$$\omega_0=\sum_{q=0}^{k-1}p_q(r_q)$$

$$\omega_1=\sum_{q=k}^{L-1}p_q(r_q)$$

$$\mu_0=\sum_{q=0}^{k-1}\frac{qp_q(r_q)}{\omega_0}$$

$$\mu_1=\sum_{q=k}^{L-1}\frac{qp_q(r_q)}{\omega_1}$$



$$\mu_T = \sum_{q=0}^{L-1} qp_q(r_q)$$

当  $\sigma_B^2$  最大时,将  $k$  的值进行从 0.0 ~ 0.1 之间的归一化处理后就是所取的阈值。在这种方法下,经过多组图像的测试,符合本方法阈值的设想。

假设  $A$  是待处理的已经二值化的频谱图,  $B$  是结构元素,本算法中,结构元素取半径为 5 的圆形结构元素,则  $A$  被  $B$  的形态学闭运算也就是先膨胀再腐蚀的公式记作<sup>[16]</sup>:

$$A \cdot B = (A \oplus B) \ominus B$$

其中,  $\oplus$  和  $\ominus$  是膨胀和腐蚀的运算符。它能平滑对象的轮廓,同时也会将狭窄的缺口连接起来形成细长的弯口,并填充比结构元素小的洞,这对于将点集转换成面集有很好的帮助<sup>[17]</sup>。

文中利用这种方法提取所需的面积,并计算其占比,将其作为模糊度评价值  $S$ 。并对结果进行闭合处理,提取出最大的面积,用  $A(x,y)$  表示闭合处理后的图像,则图像的模糊度 ( $S$ ) 可以表示为:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^x \sum_{j=1}^y A(i,j)}{x \cdot y}$$

4 仿真结果及数据分析

为了充分说明文中方法的实用性,分别对无噪声图像和含有不同种类噪声的图像进行模糊度计算,通过计算分析其使用范围。

首先分析不同噪声对图像频域的影响,不同噪声图像频谱做比较如图 3 所示。

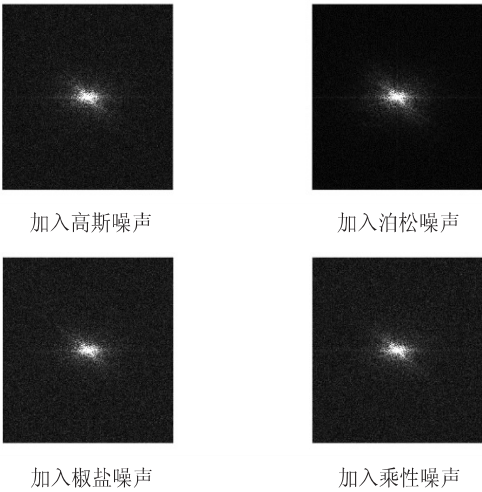


图 3 加入噪声后图像的频谱图

各种噪声频谱图上表现有所差异,该差异对计算结果的影响如表 1 所示。

从中可以看出,对于 Lena 图,椒盐噪声对其计算结果影响很大,其他三种噪声对于该图的影响不大,但文中针对不同领域的图做完加噪处理及模糊度计算后

得知,除了泊松噪声,其他三类噪声的影响对于计算结果影响很大。文中将选取的 9 幅不同领域的测试样本加噪计算后如表 1 所示。

表 1 模糊度计算结果表

序号	无噪	高斯	泊松	椒盐	乘性
A	0.026 7	0.025 2	0.026 7	1.000 0	0.025 8
B	0.040 5	0.033 0	0.040 5	0.033 5	0.035 9
C	0.036 5	0.029 7	0.036 5	0.029 1	0.031 9
D	0.031 6	0.028 4	0.031 6	1.000 0	0.028 2
E	0.027 3	0.024 6	0.027 3	1.000 0	0.026 1
F	0.030 6	0.029 7	0.030 6	0.029 7	0.030 2
G	0.022 1	0.020 5	0.022 1	1.000 0	1.000 0
H	0.018 2	0.014 8	0.018 2	1.000 0	1.000 0
I	0.040 2	0.037 6	0.040 2	0.038 0	0.038 8

当计算结果出现 1.000 0 时表示该计算结果有误,所以可以看出噪声对于计算结果的影响是存在的,在进行模糊度评价前需要对噪声进行相应地滤除。

在进行测试时先把选择的几幅图处理为四种模糊程度的四个图组,第一组表示最清晰的一组,第二组表示稍微模糊一点的一组,以此类推,第四组是最模糊的一组。图 4 中,横轴表示测试图的序号,纵轴表示在文中方法计算下的模糊度值 ( $S$ )。

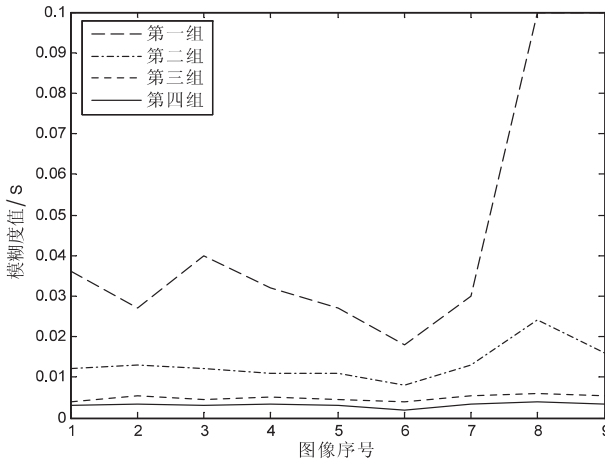


图 4 仿真结果统计图

从结果图中可以看到,随着图像从清晰逐渐向模糊变化的过程中,文中方法的模糊度评价结果值在逐渐降低,因为图像越清晰,其图像中包含的细节信息就会比较多,所以最清晰的那一组图,其对应的计算结果浮动的范围会稍微大点;如果图像已经很模糊了,对应最后一组,虽然处于这种模糊程度上的图像能够带来的信息不是很多,但在进行区域配准时,这种模糊度的图像仍可反映出大面积区域的轮廓特征,而且这种模糊程度下的计算结果也是非常稳定的。

## 5 结束语

文中基于图像在频域中各成分能量不同表现出图像模糊度不同的特性,进行图像模糊度的评价。算法首先将图像变换到频域,将频域的能量进行分割,提取出能量集中区域的面积并计算其在整个图像区域中的占比,用最后的比值来衡量图像的模糊程度。经过几组图像的实验,对于大部分平滑的图像处理结果都很理想,但对于源图像比较尖锐的,如果在评价前进行滤波处理,其最终的结果误差也是很小的。

### 参考文献:

- [1] 庞胜利. 图像模糊度评价研究[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2010.
- [2] 朱宏亮. 无参考图像模糊度估计[D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2010.
- [3] 王楠楠, 李桂苓. 符合人眼视觉特性的视频质量评价模型[J]. 中国图象图形学报, 2001, 6(6): 523-527.
- [4] 郑江云, 江巨浪. 基于小波第二级系数误差的图像质量评价模型[J]. 电子学报, 2012, 40(3): 559-563.
- [5] 杨春玲, 高文瑞. 基于结构相似的小波域图像质量评价方法的研究[J]. 电子学报, 2009, 37(4): 845-849.
- [6] 路文, 高新波, 王体胜. 一种基于 WBCT 的自然图像质量评价方法[J]. 电子学报, 2008, 36(2): 303-308.
- [7] 董文辉, 邓向冬, 李若霜. CMMB 图像质量主观评价研究[J]. 广播与电视技术, 2008(8): 23-25.

(上接第 100 页)

- [7] 金 杉,李 秋. 基于多目标遗传算法的动态负载均衡方案[J]. 计算机工程与科学, 2013, 35(12) 102-106.
- [8] 李长志. 集群服务器系统负载均衡原理的分析与实现[J]. 重庆邮电大学学报: 自然科学版, 2004, 16(6): 84-87.
- [9] Chen Li, Ma Ning. Dynamic load-balancing in iSCSI systems based on a feedback control mechanism[C]//Proc of 4th international conference on wireless communications, networking and mobile computing. Dalian; IEEE, 2008: 1-6.
- [10] Saxena S, Khan M Z, Singh R. Performance analysis in distributed system of dynamic load balancing using fuzzy logic[C]//Proc of 2012 spring congress on engineering and technology. Xi'an; IEEE, 2012: 1-5.
- [11] Son B H, woo Lee S, Youn H Y. Prediction-based dynamic load balancing using agent migration for multi-agent system[C]//Proc of 2010 12th IEEE international conference on high performance computing and communications. Mel-

- [8] 杨 军,张延生.图像质量主观评价的相关性分析[J].军械工程学院学报,2003,15(1):29-33.
- [9] Crete F,Dolmiere T,Ladret P,et al. The blur effect: perception and estimation with a new no reference perceptual blur metric[C]//Proc of conference on human vision and electronic imaging XII. San Jose,USA:[s. n.],2007:1-11.
- [10] Marziliano P,Dufaux F,Winkler S,et al. Perceptual blur and ringing metrics: application to JPEG2000[J]. Signal Processing:Image Communication,2004,19(2):163-172.
- [11] Elder J H,Zucker S W. Local scale control for edge detection and blur estimation[J]. IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence,1998,20(7):699-715.
- [12] Hu Hao,de Hann G. Low cost robust blur estimator[C]//Proc of IEEE international conference on image processing. Atlanta,USA:IEEE,2006:617-620.
- [13] 肖鹏峰,冯学智.高分辨率遥感图像分割与信息提取[M].北京:科学出版社,2012.
- [14] 冈萨雷斯.数字图像处理[M].第2版.北京:电子工业出版社,2007.
- [15] 齐丽娜,张 博,王战凯.最大类间方差法在图像处理中的应用[J].无线电工程,2006,36(7):25-26.
- [16] 章 霄.数字图像处理技术[M].北京:冶金工业出版社,2005.
- [17] 桑庆兵,齐会新,吴小俊,等.基于DCT系数无参考模糊图像质量评价方法[J].仪器仪表学报,2013,34(11):2599-2604.

- bourne; IEEE, 2010; 485-490.
- [12] Gao A, Zhou H, Hu Y, et al. Proportional delay differentiation service and load balancing in web cluster systems[C]// Proc of INFOCOM IEEE conference on computer communications workshops. San Diego; IEEE, 2010; 1-2.
- [13] Zhang Lin, Li Xiaoping, Su Yuan. A content-based dynamic load-balancing algorithm for heterogeneous web server cluster[J]. Computer Science and Information Systems, 2010, 7(1): 153-162.
- [14] 顾伟, 张云华. 基于时间序列预测的动态负载均衡算法[J]. 工业控制计算机, 2012, 25(12): 86-87.
- [15] 戴诚斌. 负载均衡技术策略中的 WRR 与 RR 算法分析[J]. 漳州职业技术学院学报, 2006, 8(3): 6-11.
- [16] 赵水宁, 邵军力. 多 Web 服务器负载均衡技术的研究[J]. 电信科学, 2001, 17(7): 6-8.
- [17] 郭平, 李琪. 基于服务器负载状况分类的负载均衡调度算法[J]. 华中科技大学学报: 自然科学版, 2012(S1): 62-65.

# 基于频域能量分割的图像模糊度评价方法

作者：[田若良](#)，[刘柏森](#)，[TIAN Ruo-liang](#)，[LIU Bai-sen](#)

作者单位：[黑龙江工程学院 电气与信息工程学院, 黑龙江 哈尔滨, 150050](#)

刊名：[计算机技术与发展](#)

英文刊名：[Computer Technology and Development](#)

年，卷(期)：2015 (6)

引用本文格式：[田若良](#), [刘柏森](#), [TIAN Ruo-liang](#), [LIU Bai-sen](#) [基于频域能量分割的图像模糊度评价方法](#) [期刊论文]  
]-[计算机技术与发展](#) 2015 (6)